

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 63-250611

(43)Date of publication of application : 18.10.1988

(51)Int.CI.

G02B 6/12

(21)Application number : 62-086411

(71)Applicant : SUMITOMO ELECTRIC IND LTD

(22)Date of filing : 08.04.1987

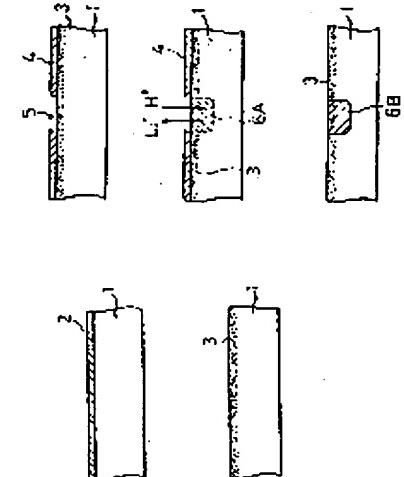
(72)Inventor : GO HISAO

## (54) PRODUCTION OF LIGHT GUIDE

### (57)Abstract:

PURPOSE: To form a light guide symmetrized with a refractive index distribution and to decrease the coupling loss to an optical fiber by forming an MgO film on a substrate and diffusing the MgO into the substrate, then subjecting the same to a proton exchange.

CONSTITUTION: The MgO film is formed by vacuum deposition on the substrate 1 (for example, LiNbO<sub>3</sub>). The MgO is then diffused by a thermal diffusion method into the substrate 1 to form a diffused layer 3. A metal mask 4 is deposited thereon and is formed with an aperture 5 by a lift off method. The aperture 5 is formed to have the plane shape coinciding with the plane shape of the light guide. The Li ions in the substrate 1 are then exchanged with the proton (H<sup>+</sup>) to form a proton-introduced region 6A. The mask 4 is thereafter removed to form the light guide 6B. The MgO diffused layer 3 is thus formed on the substrate surface before the proton exchange is executed to symmetrize the refractive index of the light guide 6B. Since the refractive index is symmetrized, the coupling loss of the light guide and the optical fiber is decreased and the effective optical function device is obt'd.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

## ⑫ 公開特許公報 (A) 昭63-250611

⑬ Int.CI.<sup>4</sup>  
G 02 B 6/12識別記号  
M-8507-2H  
N-8507-2H

⑭ 公開 昭和63年(1988)10月18日

審査請求 未請求 発明の数 1 (全5頁)

## ⑮ 発明の名称 光導波路の製造方法

⑯ 特願 昭62-86411

⑰ 出願 昭62(1987)4月8日

⑱ 発明者 郷 久 雄 神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電気工業株式会社  
横浜製作所内

⑲ 出願人 住友電気工業株式会社 大阪府大阪市東区北浜5丁目15番地

⑳ 代理人 弁理士 長谷川 芳樹 外2名

## 明細書

## (従来の技術)

光通信システムを構成するには、発光素子、受光素子および光線路のほか、光変調器、光スイッチ、光分岐回路、光接続回路および光フィルタなど、これまで電子回路で行われてきた機能を光波領域で実現する光回路部品が必要になる。ここで、 $\text{LiNbO}_3$ は、高い電気光学効果を有することから、光変調器、光スイッチなどの光機能デバイスへの応用が検討されている。これらの光機能デバイスを製作するためには、光導波路を形成する必要があるが、光導波路の製造方法としては従来から検討されてきたチタン ( $Ti$ ) 拡散法や、近年活発に検討されているプロトン交換法などがある。

プロトン交換法は  $\text{LiNbO}_3$  基板を安息香酸融液中に浸してリチウムイオン ( $\text{Li}^+$ ) とプロトン ( $\text{H}^+$ ) のイオン交換を行ない、光導波路を形成する方法であり、通常はこの後にアニールを行なって屈折率分布を調整している。この方法は簡易であるだけでなく、製作した光導波路は  $Ti$

1. 発明の名称  
光導波路の製造方法

## 2. 特許請求の範囲

1. 基板上に  $\text{MgO}$  膜を形成する第1のステップと、この  $\text{MgO}$  膜中の  $\text{MgO}$  を前記基板中に拡散する第2のステップと、前記  $\text{MgO}$  の拡散された前記基板表面からプロトン交換を行なう第3のステップとを備える光導波路の製造方法。

2. 前記基板は  $\text{LiNbO}_3$  により形成されている特許請求の範囲第1項記載の光導波路の製造方法。

3. 発明の詳細な説明  
(産業上の利用分野)

本発明はプロトン交換法による光導波路の製造方法に関する。

拡散法にみられたし  $\text{Li}_2\text{O}_2$  外拡散の問題がなく、また光損傷も発生し難い。そのため、光導波路形成の有力な方法と考えられている。

(発明が解決しようとする問題点)

ところが、従来の  $\text{LiNbO}_3$  光導波路の製造方法（すなわち、Ti 拡散法やプロトン交換法）で製作した光導波路では、光ファイバとの結合損失が高くなるという問題があった。これは、光ファイバの屈折率分布が光軸に対称であるのに対して、光導波路の屈折率分布は表面に近いほど屈折率が高いという非対称な分布であることに起因している。このため、例えは単一モード光ファイバと単一モード光導波路を結合させる場合には約3 dB以上の結合損失が発生し、光導波路を用いた各種の光機能デバイスの実用化の妨げとなっていた。

そこで、このような問題点を解決するものとして、例えは小松らによる「 $\text{MgO}$ 追拡散による  $\text{Ti} : \text{LiNbO}_3$  光導波路と光ファイバとの低結合損失化」（昭和61年度応用物理学会春季大

会予稿集第198頁）の技術が提案されている。この技術によれば、 $\text{MgO}$ の追拡散によって光導波路の屈折率分布を対称化することができるので、光ファイバとの結合を良好なものにすることができる。しかしながら、この技術は光導波路の製造方法として有力なプロトン交換法によるものではなく、またプロトン交換をした後の基板に上記文献の技術に従って  $\text{MgO}$ を追拡散しても、屈折率分布の対称化は実現することができない。なぜなら、基板中に導入されたプロトンは  $\text{MgO}$ の熱拡散（追拡散）の過程で著しく分散してしまうからである。

そこで本発明は、光導波路の製造方法として有力なプロトン交換法を用いて、基板中に屈折率分布が対称化された光導波路を形成することできる光導波路の製造方法を提供することを目的とする。

(問題点を解決するための手段)

本発明に係る光導波路の製造方法は、基板上に  $\text{MgO}$ 膜を形成する第1のステップと、この

$\text{MgO}$ 膜中の  $\text{MgO}$ を基板中に拡散する第2のステップと、 $\text{MgO}$ の拡散された基板表面からプロトン交換を行なって光導波路を形成する第3のステップとを備えることを特徴とする。

(作用)

本発明に係る光導波路の製造方法は、以上の通りに構成されるので、第1および第2のステップは基板の表面近傍に低屈折率の  $\text{MgO}$  拡散層を形成するように働き、第3のステップはこの  $\text{MgO}$  拡散層からその下方にわたってプロトンを導入した高屈折率の領域を形成するように働く。

(実施例)

以下、添付図面を参照して、本発明の一実施例を説明する。なお、図面の説明において同一の要素には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。

第1図は実施例に係る光導波路の製造方法を説明するための、工程別素子断面図である。

まず、第1図(A)に示す如く基板1を用意す

る。基板1としては例えは  $\text{LiNbO}_3$  結晶が挙げられるが、これに限られるものではない。次に、同図(B)の如く基板1の表面に  $\text{MgO}$ 膜2を真空蒸着法により形成する。なお、この  $\text{MgO}$ 膜2の形成は例えはスパッタ法により行なってもよい。このときの  $\text{MgO}_2$  膜2の厚さは基板1中に実現しようとする屈折率分布によって異なるが、通常は200~500オングストローム程度である。

次いで、熱拡散法により  $\text{MgO}$ を基板1中に拡散させる。このときの拡散温度は通常は800~1100°C程度であり、これによって基板1の表面に薄い  $\text{MgO}$ 拡散層3が形成される。しかる後、 $\text{MgO}$ 拡散層3上に金属マスク4を被覆・形成し、リフトオフ法またはエッチング法などにより開口5を形成し、第1図(D)に示す如き構造とする。なお、この開口5の平面形状は実現しようとする光導波路の平面形状と合致させる。また、金属マスク4の材料としては、クロム(Cr)の他、チタン(Ti)、金(Au)などを用いることができる。

次いで、第1図(E)に示す如くリチウムイオン( $\text{Li}^+$ )とプロトン( $\text{H}^+$ )のイオン交換を行なう。すると、プロトンがリチウムイオンに代って基板1中に導入され、金属マスク4で覆われない領域にプロトン導入領域6Aが形成される。なお、上記のプロトン交換は例えば安息香酸の如き弱酸溶液中で行なうが、リン酸等を用いてもよい。

しかる後、金属マスク4をエッチング等により除去し、必要に応じてアニール等を行なうようすれば、第1図(F)の如き光導波路6Bが形成されることになる。

このように本発明の光導波路の製造方法は、プロトン交換を行う前に、基板表面にMgO拡散層を形成しておくことを特徴とする。そして、これにより光導波路の屈折率分布の対称化が図られ、光ファイバ等との結合損失の低減化が達成できる。以下、第2図を用いて屈折率分布を対称化できる理由を説明する。

第2図(A)は通常のプロトン交換法により得

ます、乙カット $\text{LiNbO}_3$ を基板に使用して、従来のプロトン交換法と本発明の製造方法とによって単一モードの光導波路を2種類作製した。しかる後、両者にAl電極を装荷して導波実験を行なった。第3図はこのようにして得た光導波路の斜視図である。すなわち、 $\text{LiNbO}_3$ からなる基板1に光導波路6を形成し、この上にAl電極10を装荷している。

かかる導波実験の結果、次のようなことが確認された。すなわち、従来のプロトン交換法で作製した光導波路では約15dB/cmの損失が発生したのに対して、本発明の製造方法によって作製した光導波路ではわずかに1.0dB/cmの損失であった。

この理由を第4図を用いて説明する。従来のプロトン交換法により作製した光導波路では屈折率が表面に近づくほど高いため、光の電界分布は第4図(A)に曲線C1で示すように表面近傍に偏ったものとなる。そのために、電極10を装荷すると光は電極10に強く吸収され、従って損失

られる屈折率分布を示す図で、破線はアニール前の屈折率分布を示し、実線はアニール後の屈折率分布を示している。同図から明らかなように、いずれも表面に近づくほど屈折率が高くなっている。一方、第2図(B)は基板にMgOを拡散させた場合の屈折率分布を示す図であり、MgOは $\text{LiNbO}_3$ の屈折率を低下させるため表面に近づくほど屈折率が低くなっていることがわかる。従って、あらかじめMgOを拡散させた基板を用いてプロトン交換法により光導波路を形成すると、基板の表面近傍ではMgOによる屈折率低下とプロトン交換による屈折率増加が打ち消し合い、第2図(C)の如くほぼ対称な屈折率分布が得られる。その結果、光導波路の屈折率分布は従来法によるものよりも光ファイバとの整合性が高くなり、光ファイバ等との結合損失は低減し、後述の実験では約0.5dBという良好な損失特性を得た。

本発明者は上記実施例の有効性を確認するため、下記の如き実験を行なった。

が発生する。一方、本発明の製造方法による光導波路では、第4図(B)に曲線C2で示すように屈折率分布がほぼ対称であるため光の電界分布は第4図(A)よりも深い位置に集中し、表面近傍では微弱となっている。そのために、光は電極10には殆んど吸収されず、従って低損失が実現されている。

このことは次の意味で重要である。光導波路を光機能デバイス(例えは光変調器)として使用する場合には電極は不可欠である。ところが、乙カットの $\text{LiNbO}_3$ を使用する場合に高い変調効率を得るためにには、第3図のように光導波路の上面に電極を形成するのが良いことが知られている。そしてその場合、前述のような損失を避ける必要から、導波路基板表面にプラズマCVD法などによって $\text{SiO}_2$ あるいは $\text{Si}_3\text{N}_4$ などを材料とするバッファ層を堆積させた後、電極を形成する手法がとられていた。しかし、バッファ層を堆積させる際に基板に歪が加わり損失が発生することがしばしばあり、これが問題となっていた。とこ

ろが、本発明の製造方法による光導波路においては、電極形成の際にバッファ層の介在を不要とすることができる。従って、このような歪の問題は全くなくなる。

本発明は上記実施例に限定されるものではなく、種々の変形が可能である。

例えば、プロトン交換に用いる弱酸溶液は安息香酸あるいはリン酸に限られるものではなく、沸点あるいはpHの値に応じて他のものとすることもできる。また、交換に用いるプロトンは陽イオン化した水素に限らず、陽イオン化した重水素であってもよい。

#### (発明の効果)

以上、詳細に説明した通り本発明によれば、まずMgOを基板に拡散させた後にプロトン交換を行なうようにしているので、基板中に対称化された屈折率分布を有する光導波路を、プロトン交換法という簡易かつ確実な方法により製造することができる。

また、本発明方法により製造された光導波路で

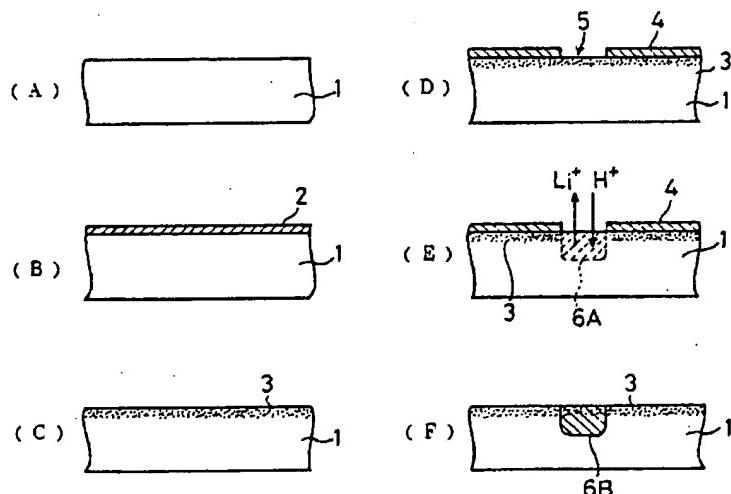
は、光ファイバとの結合損失の低減化を図ることができるだけでなく、バッファ層不要の電極形成が可能となるという格別の効果がある。従って、光変調器、光スイッチ等の光機能デバイス用の光導波路の製造方法として、極めて有効なものである。

#### 4. 図面の簡単な説明

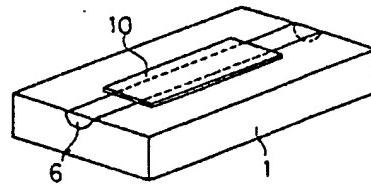
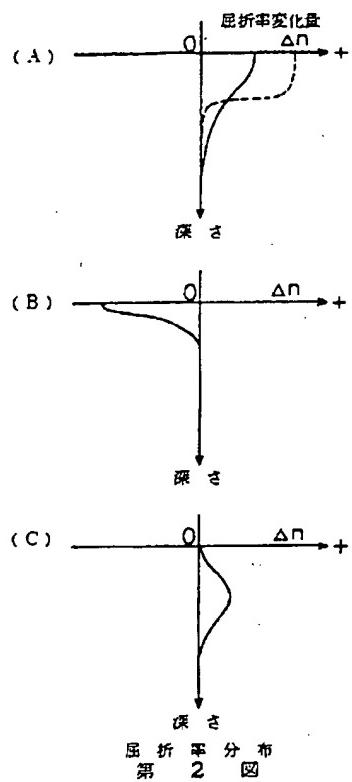
第1図は本発明の実施例方法を説明する製造工程別の素子断面図、第2図は基板中の屈折率分布の説明図、第3図は本発明の効果を確認するための実験に用いた光導波路の斜視図、第4図は基板中における光の電界分布の説明図である。

1…基板、2…MgO膜、3…MgO拡散層、  
4…金属マスク、5…開口、6…光導波路、  
10…Al電極。

特許出願人 住友電気工業株式会社  
代理人弁理士 長谷川 芳樹



実施例の製造工程  
第1図



実験に用いた光導波器  
第 3 図

